

05 Rec'd PCT/PTO 29 SEP 2004

Dated: _____

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Patent Application of: Tomoya Hidaka et al.

Application No.: Not Yet Known

Confirmation No.: Not Yet Known

Filed: Concurrently Herewith

Art Unit: Not Yet Known

For: PHENOLIC COMPOUND AND RECORDING MATERIAL USING THE SAME

Examiner: Not Yet Assigned

AFFIRMATION OF PRIORITY CLAIM

Mail Stop PCT
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Applicants hereby claim priority under 35 U.S.C. 119 based on the following prior foreign applications filed in the following foreign country on the dates indicated:

Country	Application No.	Date
Japan	2002-118359	April 19, 2002
Japan	2003-88129	March 27, 2003

Certified copies of the aforesaid Japanese Patent Applications were received by the International Bureau on June 13, 2003 during the pendency of International Application No. PCT/JP03/05054. A copy of Form PCT/IB/304 is enclosed.

Dated: September 29, 2004

Respectfully submitted,

By *Louis J. Del Giudice*
Louis J. Del Giudice
Registration No.: 47,522
DARBY & DARBY P.C.
New York, New York 10150-5257
(212) 527-7700/(212) 753-6237 (Fax)
Attorneys/Agents For Applicants

PATENT COOPERATION TREATY

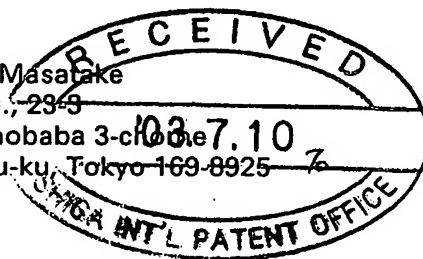
PCT

NOTIFICATION CONCERNING
SUBMISSION OR TRANSMITTAL
OF PRIORITY DOCUMENT

(PCT Administrative Instructions, Section 411)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

SHIGA, Masataka
OR Bldg., 23rdTakadanobaba 3-chome 7-10
Shinjuku-ku, Tokyo 169-8925
Japan

Date of mailing (day/month/year) 20 June 2003 (20.06.03)	
Applicant's or agent's file reference PC-8886	IMPORTANT NOTIFICATION
International application No. PCT/JP03/05054	International filing date (day/month/year) 21 April 2003 (21.04.03)
International publication date (day/month/year) Not yet published	Priority date (day/month/year) 19 April 2002 (19.04.02)
Applicant MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION et al	

1. The applicant is hereby notified of the date of receipt (except where the letters "NR" appear in the right-hand column) by the International Bureau of the priority document(s) relating to the earlier application(s) indicated below. Unless otherwise indicated by an asterisk appearing next to a date of receipt, or by the letters "NR", in the right-hand column, the priority document concerned was submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b).
2. This updates and replaces any previously issued notification concerning submission or transmittal of priority documents.
3. An asterisk(*) appearing next to a date of receipt, in the right-hand column, denotes a priority document submitted or transmitted to the International Bureau but not in compliance with Rule 17.1(a) or (b). In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.
4. The letters "NR" appearing in the right-hand column denote a priority document which was not received by the International Bureau or which the applicant did not request the receiving Office to prepare and transmit to the International Bureau, as provided by Rule 17.1(a) or (b), respectively. In such a case, the attention of the applicant is directed to Rule 17.1(c) which provides that no designated Office may disregard the priority claim concerned before giving the applicant an opportunity, upon entry into the national phase, to furnish the priority document within a time limit which is reasonable under the circumstances.

<u>Priority date</u>	<u>Priority application No.</u>	<u>Country or regional Office or PCT receiving Office</u>	<u>Date of receipt of priority document</u>
19 April 2002 (19.04.02) ✓	2002-118359 ✓	JP	13 June 2003 (13.06.03)
27 March 2003 (27.03.03) ✓	2003-88129 ✓	JP	13 June 2003 (13.06.03)

The International Bureau of WIPO
34, chemin des Colombettes
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No. (41-22) 338.70.10

Authorized officer

Farid ABBOU

Telephone No. (41-22) 338 8169

PCT/JP03/05054

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

21.04.03

Rec'd PCT/PTO 29 SEP 2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 4月19日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-118359

[ST.10/C]:

[JP2002-118359]

出 願 人
Applicant(s):

三菱マテリアル株式会社

REC'D 13 JUN 2003

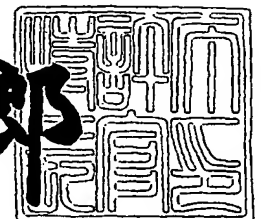
WIPO PCT

**PRIORITY
DOCUMENT**
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月27日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3038912

【書類名】 特許願

【整理番号】 J90764A1

【提出日】 平成14年 4月19日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 23/36

【発明の名称】 回路基板およびその製造方法、パワーモジュール

【請求項の数】 15

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市北袋町1丁目297番地 三菱マテリアル株式会社 総合研究所内

【氏名】 長瀬 敏之

【発明者】

【住所又は居所】 埼玉県さいたま市北袋町1丁目297番地 三菱マテリアル株式会社 総合研究所内

【氏名】 長友 義幸

【特許出願人】

【識別番号】 000006264

【氏名又は名称】 三菱マテリアル株式会社

【代理人】

【識別番号】 100064908

【弁理士】

【氏名又は名称】 志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】 100108578

【弁理士】

【氏名又は名称】 高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】 100089037

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡邊 隆

【選任した代理人】

・【識別番号】 100101465

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】 100094400

【弁理士】

【氏名又は名称】 鈴木 三義

【選任した代理人】

【識別番号】 100107836

【弁理士】

【氏名又は名称】 西 和哉

【選任した代理人】

【識別番号】 100108453

【弁理士】

【氏名又は名称】 村山 靖彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008707

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9704954

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 回路基板およびその製造方法、パワーモジュール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 圧延Al材が絶縁セラミックス基板表面に接合された回路基板において、

前記Al材の平均結晶粒径が0.5mm～5mmの範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差σが2mm以下に設定されてなることを特徴とする回路基板。

【請求項2】 前記Al材において、最終熱処理からの圧延率が15%以上であり、かつ、Alの純度が99.98重量%以上とされてなることを特徴とする請求項1記載の回路基板。

【請求項3】 前記Al材の組成として、20ppm以上のCuを含有してなることを特徴とする請求項1または2記載の回路基板。

【請求項4】 前記Al材の組成として、20ppm以上のFeを含有してなることを特徴とする請求項1から3のいずれか記載の回路基板。

【請求項5】 前記Al材の組成として、20ppm以上のSiを含有してなることを特徴とする請求項1から4のいずれか記載の回路基板。

【請求項6】 前記絶縁セラミックス基板が、アルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 から選択されてなることを特徴とする請求項1から5のいずれか記載の回路基板。

【請求項7】 前記Al材が前記絶縁セラミックス基板表面にろう材を用いて接合され、

前記ろう材が、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、Al-Cu-Mg-Mn系ろう材から選択される1または2以上のろう材とされることを特徴とする請求項1から6のいずれか記載の回路基板。

【請求項8】 圧延Al材が絶縁セラミックス基板表面に接合された回路基板の製造方法において、

前記Al材の平均結晶粒径が0.5mm～5mmの範囲とされ、かつ、粒径の

標準偏差 σ が 2 mm 以下に設定されてなることを特徴とする回路基板の製造方法

【請求項 9】 前記 A1 材において、最終熱処理からの圧延率が 15% 以上であり、かつ、A1 の純度が 99.98 重量% 以上とされてなることを特徴とする請求項 8 記載の回路基板の製造方法。

【請求項 10】 前記 A1 材の組成として、20 ppm 以上の Cu を含有してなることを特徴とする請求項 8 または 9 記載の回路基板の製造方法。

【請求項 11】 前記 A1 材の組成として、20 ppm 以上の Fe を含有してなることを特徴とする請求項 8 または 9 記載の回路基板の製造方法。

【請求項 12】 前記 A1 材の組成として、20 ppm 以上の Si を含有してなることを特徴とする請求項 8 または 9 記載の回路基板の製造方法。

【請求項 13】 前記絶縁セラミックス基板が、アルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 から選択されてなることを特徴とする請求項 8 から 12 のいずれか記載の回路基板の製造方法。

【請求項 14】 前記 A1 材が前記絶縁セラミックス基板表面にロウ材を用いて接合され、

前記ロウ材が、Al-Si 系、Al-Ge 系、Al-Mn 系、Al-Cu 系、Al-Mg 系、Al-Si-Mg 系、Al-Cu-Mn 系、Al-Cu-Mg-Mn 系ロウ材から選択される 1 または 2 以上のロウ材とされることを特徴とする請求項 8 から 13 のいずれか記載の回路基板の製造方法。

【請求項 15】 請求項 1 から 7 のいずれか記載の回路基板が放熱板に設けられたことを特徴とするパワーモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パワーモジュール、およびパワーモジュールに使用される回路基板およびその製造方法に係り、特に、HEV (Hybrid Electric Vehicle ; ハイブリッド電気自動車) などに用いられる高信頼性インバータモジュール用パワーモ

ジュールに用いて好適な技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、パワーモジュール等に利用される半導体装置においては、アルミナ、ベリリア、窒化ケイ素、窒化アルミニウム等のセラミックス基板の表裏面に、Cu又はAlの回路と放熱板とがそれぞれ形成されてなる回路基板が用いられている。このような回路基板は、樹脂基板と金属基板との複合基板ないしは樹脂基板よりも、高絶縁性が安定して得られることが特長である。

【0003】

回路及び放熱板の材質が、CuよりもAlとする利点は、Cuでは、セラミックス基板やはんだとの熱膨張差に起因する熱応力の発生が避けられないので、長期的な信頼性が不十分であるのに対し、Alは、熱伝導性や電気伝導性ではややCuよりも劣るが、熱応力を受けても容易に塑性変形するので、応力が緩和され、信頼性が飛躍的に向上することである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしAlを用いたとしても、AlN基板などの絶縁セラミックスの両面に圧延材のAl板を接合する場合、例えば、ろう材を用いて500℃以上の高温で接合するため、ろう付けした後冷却すると、常温状態で著しい反りを生じさせる不具合がある。この現象が、後工程である回路基板製造工程や、この絶縁回路基板を用いパワーモジュールを製造するアセンブリ工程での不良を発生する原因となっていた。

【0005】

これは、圧延材Alをセラミックス基板に接合した場合、図3(a)に示すように、圧延材Alの結晶粒径が異常成長すると、絶縁セラミックス基板両面におけるAlがそれぞれ機械的特性に異方性を生じて、大きな反りを生じるものと考えられる。

また、Alの結晶粒径は添加元素を増加することによって抑制することが可能であるが、Al自体の機械的特性はその純度とともに著しく変化する。このため

、Al/セラミックス/Al接合体においては、Alの0.2%耐力や加工硬化指数が所定の値以下でないと、-40～125℃の温度の温度サイクル試験（後述）をおこなった際に、セラミックスに割れを生じる可能性があるという問題があった。

【0006】

本発明は、上記の事情に鑑みてなされたもので、以下の目的を達成しようとするものである。

① 絶縁セラミックス基板に圧延材Alを接合した回路基板において反り発生の低減を図ること。

② 絶縁セラミックスに接合した圧延材Alにおける機械的特性の異方性を低減すること。

③ -40～125℃の温度の温度サイクル試験をおこなった際に、セラミックスに生じる割れを防止すること。

【0007】

【課題を解決するための手段】

本発明は、圧延Al材が絶縁セラミックス基板表面に接合された回路基板およびその製造方法において、

前記Al材の平均結晶粒径が0.5mm～5mmの範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差 σ が2mm以下に設定されてなることにより上記課題を解決した。

本発明において、前記Al材において、最終熱処理からの圧延率が15%以上であり、かつ、Alの純度が99.98重量%以上とされてなることが望ましい。

また、本発明において、前記Al材の組成として、20ppm以上のCuを含有してなる手段、20ppm以上のFeを含有してなる手段か、または、20ppm以上のSiを含有してなる手段、を採用することもできる。

本発明における前記絶縁セラミックス基板が、アルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 から選択されてなることができる。

また、前記Al材が前記絶縁セラミックス基板表面にろう材を用いて接合され

前記ロウ材が、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、Al-Cu-Mg-Mn系ロウ材から選択される1または2以上のロウ材とされることがある。

本発明のパワーモジュールにおいては、上記の回路基板が放熱板に設けられることが好ましい。

【0008】

圧延Al材を用いて絶縁セラミックス基板と接合した場合に、Alの結晶粒径が異常成長するとセラミックス基板両面のAl材がそれぞれ機械的特性に異方性を生じ、反り量（後述）が大きくなってしまいが、本発明においては、前記Al材の平均結晶粒径が0.5mm～5mm程度の範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差 σ が2mm程度以下に設定されてなることにより、Alの機械的特性に異方性を生じることを低減でき、基板において反りを生じることを低減できる。

前記Al材の平均結晶粒径が5mm程度より大きい範囲であると、Al材がそれぞれ機械的特性に異方性を生じて基板に反りが生じる可能性があるため好ましくなく、0.5程度mmより小さい範囲であると、加工硬化が大きくなるという機械的特性が変化し、温度サイクルによる変形抵抗の上昇、さらには、セラミックスの割れやSiチップはんだ付け部のクラック発生が生じるため好ましくない。さらに、標準偏差が2mm程度以上に設定された場合には、Al材において、結晶粒径のばらつきが大きくなりすぎるため、機械的特性に異方性を生じる可能性があるため好ましくない。

【0009】

Al材の結晶粒径の成長は添加元素を増加することによって抑制可能であるが、この添加元素の濃度すなわちAlの純度により、Al材自体の機械的特性が著しく変化するが、本発明において、前記Al材において、最終熱処理からの圧延率が15%程度以上であり、かつ、Alの純度が99.98重量%以上とされてなることにより、Al材の0.2%耐力を35程度以下、あるいは、Al材の加工硬度指数を0.18程度以下にすることができるため、対温度変化性を向上することができ、-40℃～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に基板に割れが生じることを防止できる。また、Al材において、最終熱処理からの圧延

率が15%程度以下である場合には、結晶粒の粗大化が進行するため好ましくない。

温度サイクル試験とは、例えば、回路基板に冷熱衝撃試験器にて -40°C 30分 $\sim 125^{\circ}\text{C}$ 30分を1サイクルとする温度サイクルを付加するものである。

【0010】

本発明において、前記Al材の組成として、20ppm程度以上のCuを含有してなることにより、結晶粒径の異常成長を防止することができる。ここで、Al材の組成として、20ppm程度以下のCuしか含有していない場合には、結晶粒径の異常成長を防止することができず好ましくない。

【0011】

また、本発明において、前記Al材の組成として、20ppm程度以上のFeを含有してなる手段か、および／または、20ppm程度以上のSiを含有してなる手段を採用することにより、結晶粒径の粗大化を抑制するとともに、結晶粒径の均一化を図ることができ、結晶粒径の分布に対する標準偏差を小さくすることができる。

【0012】

本発明において、絶縁セラミックス基板の表裏面にAl材が接合される場合には、それぞれのAl材の厚みが等しくされることが好ましい。

【0013】

本発明における前記絶縁セラミックス基板が、アルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 から選択されてなることにより、ヤング率が320GPa程度で反り抑制措置が必要なこれらのセラミックス材からなる基板とAl材との熱膨張差に起因する熱応力の発生を低減し、長期的な信頼性を向上することが可能となる。

【0014】

また、前記ロウ材が、Al-Si系、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、Al-Cu-Mg-Mn系ロウ材から選択される1または2以上のロウ材とされることにより、融点が高いためAl回路材の融点を超えてしまい接合できないCu系ロウ材を

使用することなく、Al材と絶縁セラミックスとを接合することが可能となる。同時に、上記のロウ材を使用した場合には500℃以上の熱処理を必要としており、この温度領域ではAl材の結晶粒の成長がおきるが、この場合でも、前述のような結晶粒径とされたAl材を適応することにより結晶粒成長を抑制して、結晶粒径が大きくなりすぎてAl材の機械的特性に異方性が生じることを低減することができ、回路基板の信頼性を向上することが可能となる。

同時にこのような回路基板を実装することにより、パワーモジュールの信頼性を向上することができる。

【0015】

ここで、Al材の結晶粒径の測定方法としては、以下のようにおこなうものとする。絶縁セラミックス基板と接合したAl材断面を、NaOH水溶液や、HF、GaなどでエッチングしてAl材のマクロ組織を露出した後、光学顕微鏡もしくは電子顕微鏡（SEM）により組織観察し結晶粒径を測定する。

【0016】

【発明の実施の形態】

以下、本発明に係る回路基板およびその製造方法の第1実施形態を、図面に基づいて説明する。

図1は、本実施形態の回路基板を示す断面図であり、図2は反り量を説明するための断面図、図3は結晶粒径測定を説明するための模式図であり（a）は従来のAlにおける結晶例を示し（b）は本実施形態におけるAl結晶である。

図において、符号1は回路基板、2は絶縁セラミックス基板、3はAl板（Al材）、4はロウ材である。

【0017】

本実施形態の回路基板1は、 Si_3N_4 、AlNまたは Al_2O_3 から選択される厚さが0.3～1.5mmの絶縁セラミックス基板2と、このセラミックス基板12aの両面に接合されたAl板3、3とを備えたものとされる。このAl板3、3には、純度が99.98重量%以上であって、その厚さが0.25～0.6mmのものが使用される。

絶縁セラミックス基板2は、例えば、厚さ0.635mmのAlNとされ、Al

板3は、たとえば厚さ0.4mmとされる。

【0018】

絶縁セラミック基板2の両面へのA1板3、3の積層接着は、それぞれロウ材4を介しておこなわれる。このロウ材4はその厚みが0.03mm程度になるよう接合されている。

具体的には、A1板3の上に、A1-Si系ロウ材4、絶縁セラミック基板2、A1-Si系ロウ材4、および、A1板3をこの順序で重ねた状態で、これらに荷重50～300kPa程度（0.5～3kg/cm²）を加え、真空中またはArガス雰囲気中で600℃以上に加熱することによりおこなわれる。

このように積層接合した後、上面におけるA1板3をエッチングにより所定のパターンの回路とする。なお、A1-Si系ロウ材としては、例えば、95～75重量%のA1と、3～20重量%のSiとの合金からなるものであって、その融点（共晶点）が577℃のものが適用される。

【0019】

本実施形態のA1板3においては、その平均結晶粒径が0.5mm～5mm程度の範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差 σ が2mm程度以下に設定される。

ここで、圧延A1板3を用いて絶縁セラミックス基板2と接合した場合に、A1の結晶粒径が異常成長するとセラミックス基板2両面のA1板3がそれぞれ機械的特性に異方性を生じ、反り量（後述）が大きくなってしまいが、上記のようにA1板3の結晶粒径を設定することにより、A1板3の機械的特性に異方性を生じることを低減でき、回路基板1において反りが生じてしまうことを低減できる。

前記A1板3の平均結晶粒径が5mm程度より大きい範囲であると、A1板3がそれぞれ機械的特性に異方性を生じ、温度変化を印加した際に回路基板1に反りが生じる可能性があるため好ましくなく、0.5程度mmより小さい範囲であると、加工硬化が大きくなるという機械的特性が変化し、温度サイクルによる変形抵抗の上昇、さらには、セラミックスの割れやSiチップはんだ付け部のクラック発生が生じるため好ましくない。さらに、標準偏差が2mm程度以上に設定された場合には、A1板3において、結晶粒径のばらつきが大きくなりすぎるた

め、機械的特性に異方性を生じる可能性があるため好ましくない。

また、絶縁セラミックス基板2の表裏に接合されるA1板3は、それぞれの厚みが等しくされることが好ましい。なお、A1板3は必ず絶縁セラミックス基板2の両面に接合される。これは片側だけだと絶縁セラミックス基板2に反りが発生するためである。

【0020】

回路基板1の反り量の測定方法としては、例えば、100mm角の回路基板1の対角線上において、100mm間隔の2点を取り、この間を前記対角線に沿って3次元測定装置またはレーザー変位計を用いて断面曲線を測定する。図2に示すように、この断面曲線と平面Pとの間隔のうち最大変位Cを測定する。交差するそれぞれの対角線に沿って測定した値のうち、大きい方を反り量として定義する。

【0021】

上記A1板3において、結晶粒径の成長は添加元素を増加することによって抑制可能であるが、この添加元素の濃度すなわちA1の純度により、A1自体の機械的特性が著しく変化する。上記の結晶粒径を実現するために、本実施形態では、前記A1板3において、最終熱処理からの圧延率を15%程度以上、かつ、A1の純度を99.98重量%以上に設定する。これにより、A1板3の0.2%耐力を35程度以下、あるいは、A1材の加工硬度指数を0.18程度以下にすることができ、対温度変化性を向上することができ、-40℃～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に回路基板に割れが生じることを防止できる。また、A1板3において、最終熱処理からの圧延率が15%程度以下である場合には、結晶粒の粗大化が進行するため好ましくない。

ここで、圧延率を15%程度にすると、最終熱処理後の圧延工程における厚みが15%に設定されることを意味している。

【0022】

さらに詳細には、A1板3が、その組成として、20ppm程度以上のCuを含有し、20ppm以上のFeを含有し、かつ、20ppm以上のSiを含有するものとされる。これにより、結晶粒径の異常成長を防止して結晶粒径の粗大化

を抑制するとともに、結晶粒径の均一化を図ることができ、結晶粒径の分布に対する標準偏差を小さくすることができる。これにより、A1板3において上述の結晶粒径の範囲を実現することが可能となる。

ここで、A1板3の組成として、20ppm程度以下のCuしか含有していない場合には、結晶粒径の異常成長を防止することができず好ましくない。また、A1板3の組成として、20ppm以下のFeしか含有していない、および/または、20ppm以下のSiしか含有していない場合には、結晶粒径のばらつきが大きくなって結晶粒径が不均一になり、また、一部の結晶粒の粗大化が機械的異方性の原因となり、大きな反りを発生させることとなり好ましくない。

【0023】

本実施形態における回路基板およびその製造方法によれば、絶縁セラミックス基板2が、ヤング率が320GPa程度で反り抑制措置が必要な必要なアルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 、からなり、かつ、ロウ材4が、Al材の結晶粒の成長がおきる500℃以上の温度領域、特に600℃以上の熱処理を必要としているAl-Si系のようなロウ材とされた場合でも、A1板3の平均結晶粒径が0.5mm～5mm程度の範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差 σ が2mm程度以下に設定されることにより、結晶粒径が大きくなりすぎて絶縁セラミックス基板2の両面に接合されたA1板3の機械的特性に異方性が生じることを低減することができる。従って、これらの絶縁セラミックス基板2およびA1板3どうしの熱膨張差に起因する熱応力の発生を低減し、回路基板1に反りが生じたり、クラックが入ったりすることを防止して、回路基板の長期的な信頼性を向上することが可能となる。

【0024】

ここで、A1板3における結晶粒径の測定方法は、以下のようにおこなうものとされる。

絶縁セラミックス基板2と接合したA1板3断面を、エッチングしてAl材のマクロ組織を露出する。この際のエッチング液としてはNaOH水溶液や、HF、Gaなどが適用される。その後、光学顕微鏡もしくは電子顕微鏡(SEM)により結晶粒の組織観察をおこなう。

これらの観察結果から、最終的に、図3(b)に示すように、画像処理をおこなうことにより、平均結晶粒径および標準偏差を測定する。

【0025】

なお、本実施形態において、Al-Si系ロウ材4、以外に、Al-Ge系、Al-Mn系、Al-Cu系、Al-Mg系、Al-Si-Mg系、Al-Cu-Mn系、Al-Cu-Mg-Mn系ロウ材から選択することも可能である。

【0026】

以下、本発明に係る回路基板およびその製造方法、パワーモジュールの第2実施形態を、図面に基づいて説明する。

本実施形態のパワーモジュールには、前述の第1実施形態と同様の回路基板1が実装された状態とされている。図4は、本実施形態におけるパワーモジュールを示す断面図である。

【0027】

図4に示すように、本実施形態においては、パワーモジュール10は、放熱板11の一方の主面に1又は2以上の方形の回路基板1が固着されたものである。放熱板11はAl系合金板からなる板材であって、その厚さが3～10mmのものが使用される。回路基板1は、前述した第1実施形態と同様のものとされ、AlN等からなる厚さが0.3～1.5mmの絶縁セラミック基板2と、この絶縁セラミック基板2の両面に接合された第1Al板3及び第2Al板3とを備える。この第1及び第2Al板3は、その厚さが0.25～0.6mmとされる。この絶縁セラミック基板2と第1及び第2Al板3とは積層されて回路基板1となった状態で一辺が30mm以下になるような方形状のものが使用される。

【0028】

一辺が30mm以下とされた回路基板1は、放熱板11にロウ材により直接ロウ付けされ、このロウ材としてはAl-Si、Al-Cu、Al-Mg、Al-Mn又はAl-Ge系ロウ材から選ばれる1又は2以上のロウ材を用いることが好ましい。回路基板1の放熱板11へのロウ付けは、放熱板11の上に前記のロウ材（図示せず）と回路基板1をこの順序で重ねた状態で、これらに荷重50～500kPaを加え、真空中で580～650℃に加熱してロウ材を溶融させ、

その後冷却してそのロウ材を固化させることにより行われる。この場合、前記ロウ材は融点が575℃程度のものが使用され、絶縁セラミック基板2と第1及び第2 Al板3を積層接着したロウ材を溶融させることなく、放熱板11と回路基板1を構成する第1 Al板3とを接合させる。このように構成されたパワーモジュール10は、放熱板11の隅に形成された取付孔11aに雄ねじ13を挿入して水冷式のヒートシンク14に形成された雌ねじ14aに螺合することにより、放熱板11の他方の主面はAl合金からなる水冷式のヒートシンク14に接合される。

【0029】

このように構成されたパワーモジュール10では、第1実施形態と同様の効果を奏することができるとともに、このような回路基板1を実装したことにより、熱サイクル時に生じる回路基板1の縁における収縮量の相違も比較的小さく抑制できて、パワーモジュール10の熱サイクル寿命を比較的長く維持することができる。その結果、パワーモジュールとしての信頼性を向上することができる。

【0030】

【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

<実施例1>

図4に示すように、縦、横及び厚さがそれぞれ50mm、50mm及び0.635mmの絶縁セラミック基板2の両面に、縦横が絶縁セラミック基板2と同一で、厚さが0.4mmのAl板3、3を積層した回路基板1と、縦、横及び厚さがそれぞれ100mm、100mm及び3mmのAlSiCからなる放熱板11と、Siチップ16を用意した。ここで回路基板1は、AlNからなる絶縁セラミック基板2の表裏両面に第1及び第2 Al板3、3を接合したものを使用した。

ここで、Al板3は、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、23ppmのCu、30ppmのSi、33ppmのFeを含有するものとされる。また、ロウ材4は、8重量%のSiを含有するAl-Si系ロウ材とされる。

回路基板1としては、Al板3、Al-Si系ろう材4、絶縁セラミック基板2、Al-Si系ろう材4、Al板3をこの順序で重ねた状態で、これらに荷重200kPaを加え、真空中で63℃に加熱し、10分経過後冷却することによりこれらを接合した。

この回路基板1と放熱板11とSiチップ16をハンダ付けしてパワーモジュール10を得た。このようにして得られたパワーモジュールを30個用意し実施例1の試料とした。

【0031】

<実施例2>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを実施例2の試料としたが、ここで、Al板3は、最終圧延率10%、その組成として、純度99.99重量%で、23ppmのCu、28ppmのSi、39ppmのFeを含有するものとされる。

【0032】

<実施例3, 4>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを実施例3, 4の試料としたが、ここで、Al板3は、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、80ppmのCu、35ppmのSi、39ppmのFeを含有するものとされる。

【0033】

<実施例5>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを実施例5の試料としたが、ここで、絶縁セラミック基板2は、アルミナからなるものとされ、かつ、Al板3は、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、80ppmのCu、35ppmのSi、39ppmのFeを含有するものとされる。

【0034】

<実施例6>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを実施例6の試料と

したが、ここで、絶縁セラミック基板2は、 Si_3N_4 からなるものとされ、かつ、Al板3は、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、80ppmのCu、35ppmのSi、39ppmのFeを含有するものとされる。

【0035】

<実施例7>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを実施例7の試料としたが、ここで、絶縁セラミック基板2は、 Si_3N_4 からなるものとされ、かつ、ろう材4は、4重量%のSiを含有するAl-Si系ろう材とされ、Al板3は、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、80ppmのCu、35ppmのSi、39ppmのFeを含有するものとされる。

【0036】

<比較例8>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを比較例8の試料としたが、ここで、Al板3は、最終圧延率10%、その組成として、純度99.99重量%で、16ppmのCu、32ppmのSi、31ppmのFeを含有するものとされる。

【0037】

<比較例9>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを比較例9の試料としたが、ここで、Al板3は、最終圧延率10%、その組成として、純度99.99重量%で、25ppmのCu、12ppmのSi、16ppmのFeを含有するものとされる。

【0038】

<比較例10>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを比較例10の試料としたが、ここで、Al板3は、最終圧延率10%、その組成として、純度99.99重量%で、23ppmのCu、28ppmのSi、10ppmのFeを含有するものとされる。

【0039】

<比較例11>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを比較例11の試料としたが、ここで、A1板3は、最終圧延率10%、その組成として、純度99.95重量%で、350ppmのCu、500ppmのSi、450ppmのFeを含有するものとされる。

【0040】

<比較例12>

実施例1のパワーモジュールと同様のものを用意し、これを比較例12の試料としたが、ここで、A1板3としては、最終圧延率30%、その組成として、純度99.99重量%で、16ppmのCu、32ppmのSi、31ppmのFeを含有するものとされ、厚さが0.4mmのものと0.27mmのものを用意し、絶縁セラミック基板2の表裏に接合した。

上述した実施例1～7、比較例8～12のそれぞれのパワーモジュールの構成を表1に示す。

【0041】

【表1】

	最終圧延率(%)	Al純度(%)	Cu(ppm)	Si(ppm)	Fe(ppm)	平均結晶粒径(mm)	標準偏差(mm)
実施例1	30	99.99	23	30	33	2.9	0.7
実施例2	10	99.99	23	28	39	3.2	3.5
実施例3	30	99.99	80	35	39	1.9	0.7
実施例4	30	99.99	80	35	39	2.0	1.0
実施例5	30	99.99	80	35	39	1.8	0.9
実施例6	30	99.99	80	35	39	2.1	0.8
実施例7	30	99.99	80	35	39	2.3	0.9
比較例8	30	99.99	16	32	31	22.9	15.5
比較例9	30	99.99	25	12	16	4.3	3.2
比較例10	30	99.99	23	28	10	3.8	3.2
比較例11	30	99.95	350	500	450	21.9	5.5
比較例12	30	99.99	23	30	33	2.9	0.7

【0042】

＜比較試験及び評価＞

実施例 1～7、比較例 8～12 のそれぞれのパワーモジュールを冷熱衝撃試験器にて -40°C 30 分～室温 30 分～ 125°C 30 分～室温 30 分を 1 サイクルとする温度サイクルを付加した。温度サイクルを 100 回付加した時点で回路基板 1 と放熱板 11 との間、および、絶縁セラミック基板 2 と A1 板 3 との間の剥離の有無を観察し、剥離が確認されない場合には更に温度サイクルを 100 回付加した。これを繰り返して剥離が確認されるまでの温度サイクル回数を温度サイクル寿命として測定した。尚、剥離の有無は拡大鏡により確認することにより行った。この結果を表 2 に示す。

【0043】

同時に、図 2 に示すように、各回路基板 1 において反り量を測定し、30 個のうち、A1 板 3 接合後の製造工程中に発生した不具合数をカウントした。ここで、不具合数とは、回路基板製造工程や、この絶縁回路基板を用いパワーモジュールを製造するアセンブリ工程での不良を生じたパワーモジュールの個数であり、具体的には、反り量が大きいために回路パターン形成用のレジスト印刷工程中の基板固定のための吸着ステージ上でのセラミックス割れや、ヒートシンクはんだ付け中に反りに起因したはんだボイドの発生などがある。

これらの結果を表 2 に併記する。

【0044】

【表 2】

	反り量(μm)	製造中の不具合数(30個中)	温度サイクル試験結果
実施例1	46	0	3000サイクル以上良好
実施例2	150	3	3000サイクル以上良好
実施例3	32	0	3000サイクル以上良好
実施例4	40	0	3000サイクル以上良好
実施例5	38	0	3000サイクル以上良好
実施例6	39	0	3000サイクル以上良好
実施例7	48	0	3000サイクル以上良好
比較例8	305	5	回路基板1と放熱板11とのみんだ1500サイクルで割れ
比較例9	213	3	回路基板1と放熱板11とのみんだ1500サイクルで割れ
比較例10	195	3	回路基板1と放熱板11とのみんだ1500サイクルで割れ
比較例11	225	4	回路基板1とA1板3とのみんだ500サイクルで割れ
比較例12	315	4	回路基板1と放熱板11とのみんだ1500サイクルで割れ

【0045】

さらに、実施例1～7、比較例8～12のそれぞれのA1板3断面を、NaO

H水溶液や、HF、GaなどでエッチングしてAl材のマクロ組織を露出し、光学顕微鏡もしくは電子顕微鏡（SEM）により結晶粒の組織観察をおこなって画像処理することにより、平均結晶粒径および標準偏差を測定する。この結果を表1に併記する。

【0046】

<評価>

表1に示すように、Al板3を、最終圧延率15%以上、純度99.98重量%以上で、20ppm以上のCu、20ppm以上のSi、20ppm以上のFeが含有されたものとする。このAl板3の平均結晶粒径を0.5mm～5mm程度の範囲とし、かつ、粒径の標準偏差 σ を2mm程度以下に設定したパワーモジュールは、いずれも良好な温度サイクル寿命を有することが確認された。これに対して、上記条件からはずれ、平均結晶粒径および標準偏差が、上記範囲外のものは、いずれも上記範囲内のものよりも温度サイクル寿命が短くなった。

なお、実施例2は温度サイクルは良好であるが、工程中において割れが発生した。

【0047】

【発明の効果】

本発明の回路基板およびその製造方法、パワーモジュールによれば、以下の効果を奏する。

(1) Al材において、その平均結晶粒径が0.5mm～5mm程度の範囲とされ、かつ、粒径の標準偏差 σ が2mm程度以下に設定されることにより、圧延Al材を用いて絶縁セラミックス基板と接合した場合に、Alの結晶粒径が異常成長するとセラミックス基板両面のAl材がそれぞれ機械的特性に異方性を生じ、反り量が大きくなってしまふことを防止して、Al材の機械的特性に異方性を生じることを低減でき、回路基板において反りが生じてしまふことを低減できる。

(2) 上記Al材において、結晶粒径の成長は添加元素を増加することによって抑制可能であり、この添加元素の濃度すなわちAlの純度により、Al材自

体の機械的特性が著しく変化することにより、上記の結晶粒径を実現するために、前記A1材において、最終熱処理からの圧延率を15%程度以上、かつ、A1の純度を99.98重量%以上に設定することにより、対温度変化性を向上することができ、-40℃～125℃の温度サイクル試験をおこなった際に基板に割れが生じることを防止できる。

(3) A1材の組成として、20ppm程度以上のCuを含有し、20ppm程度以上のFeを含有し、及び/または、20ppm程度以上のSiを含有するものとされることにより、結晶粒径の異常成長を防止して結晶粒径の粗大化を抑制するとともに、結晶粒径の均一化を図ることができ、結晶粒径の分布に対する標準偏差を小さくすることができる。これにより、A1材において上述の結晶粒径の範囲を実現することが可能となる。

(4) 上記により、絶縁セラミックス基板が、ヤング率が320GPa程度で反り抑制措置が必要な必要なアルミナ、AlN、または、 Si_3N_4 、からなり、かつ、ロウ材が、A1材の結晶粒の成長がおきる温度領域の熱処理を必要とするロウ材とされた場合でも、結晶粒径が大きくなりすぎて絶縁セラミックス基板に接合されたA1材の機械的特性に異方性が生じることを低減することができる。従って、これらの絶縁セラミックス基板およびA1材どうしの熱膨張差に起因する熱応力の発生を低減し、回路基板に反りが生じたり、クラックが入ったりすることを防止して、回路基板の長期的な信頼性を向上することが可能となる。

(5) このような回路基板を適応することにより、パワーモジュールの信頼性を向上することが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明に係る回路基板の第1実施形態を示す断面図である。

【図2】 反り量を説明するための断面図である。

【図3】 結晶粒径測定を説明するための模式図であり(a)は従来のA1における結晶例を示し(b)は本発明に係るA1材におけるA1結晶である。

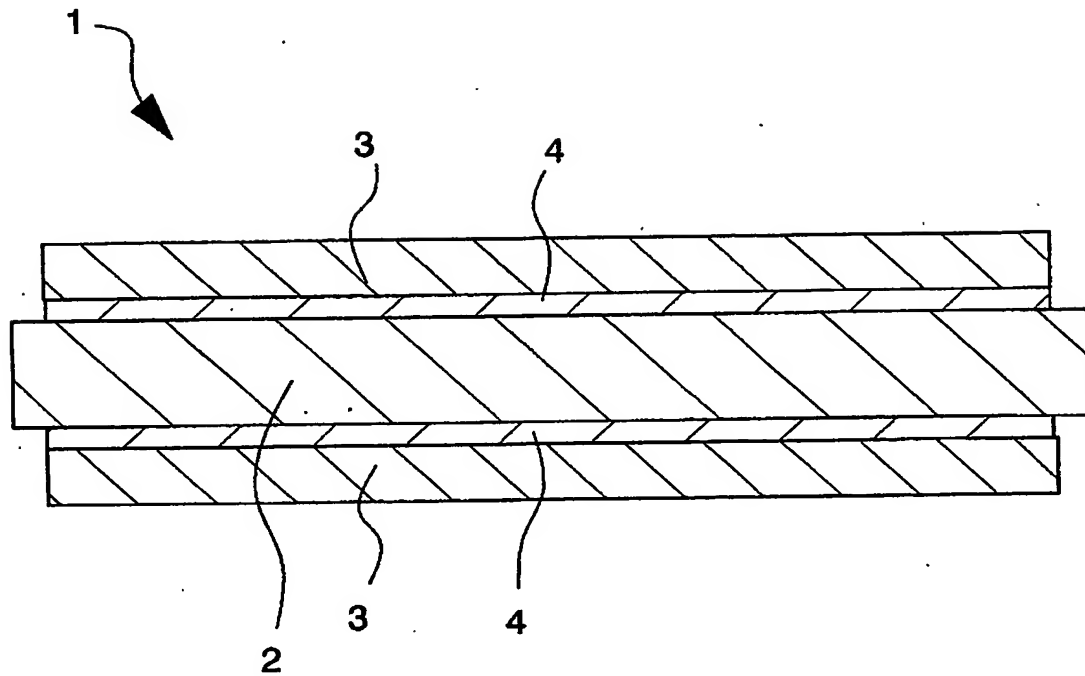
【図4】 本発明に係るパワーモジュールの第2実施形態を示す断面図である。

【符号の説明】

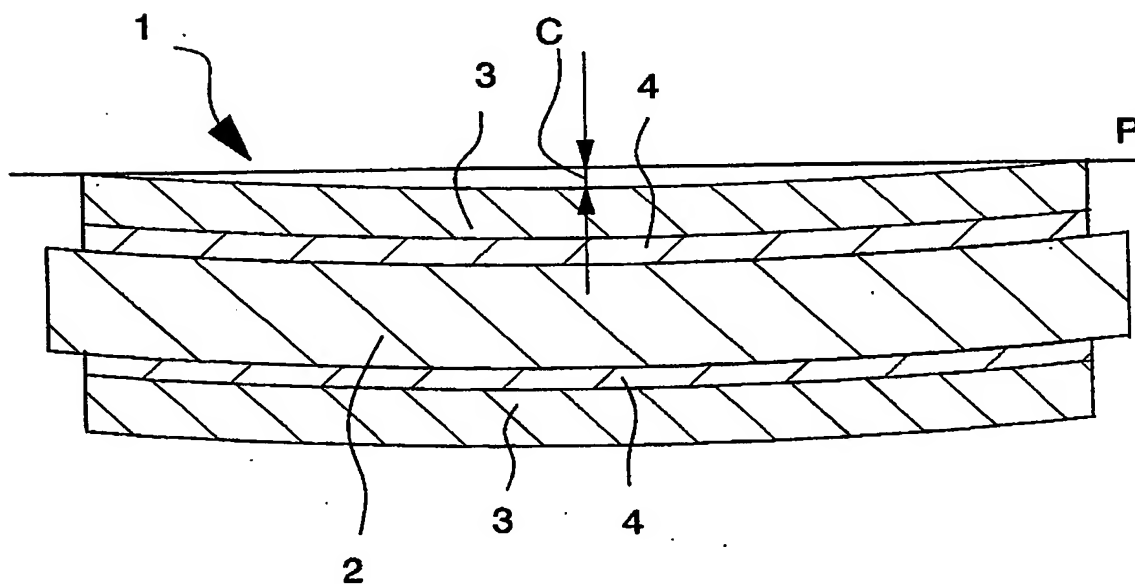
- 1 …回路基板
- 2 …絶縁セラミック基板
- 3 …A 1 板 (A 1 材)
- 4 …ロウ材
- 1 0 …パワーモジュール
- 1 1 …放熱板

【書類名】 図面

【図 1】

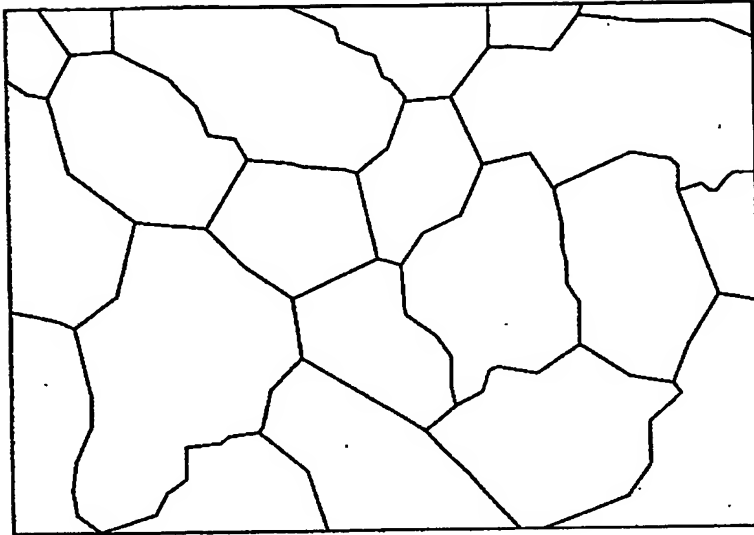


【図 2】

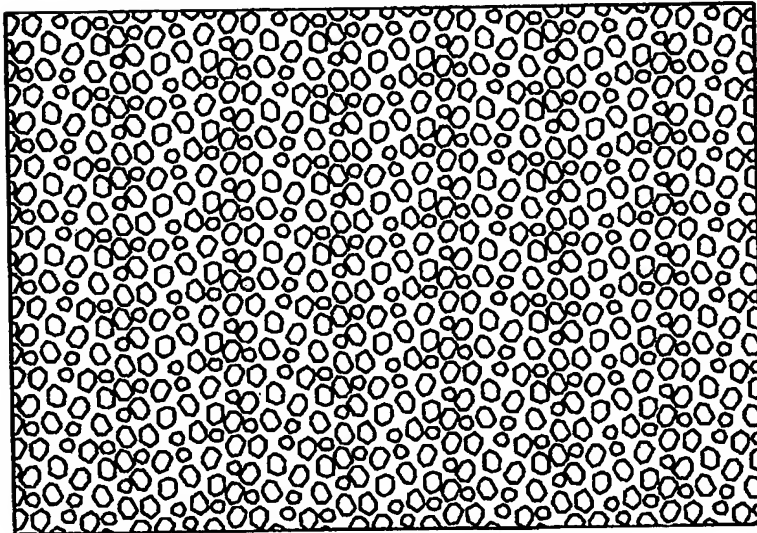


【図 3】

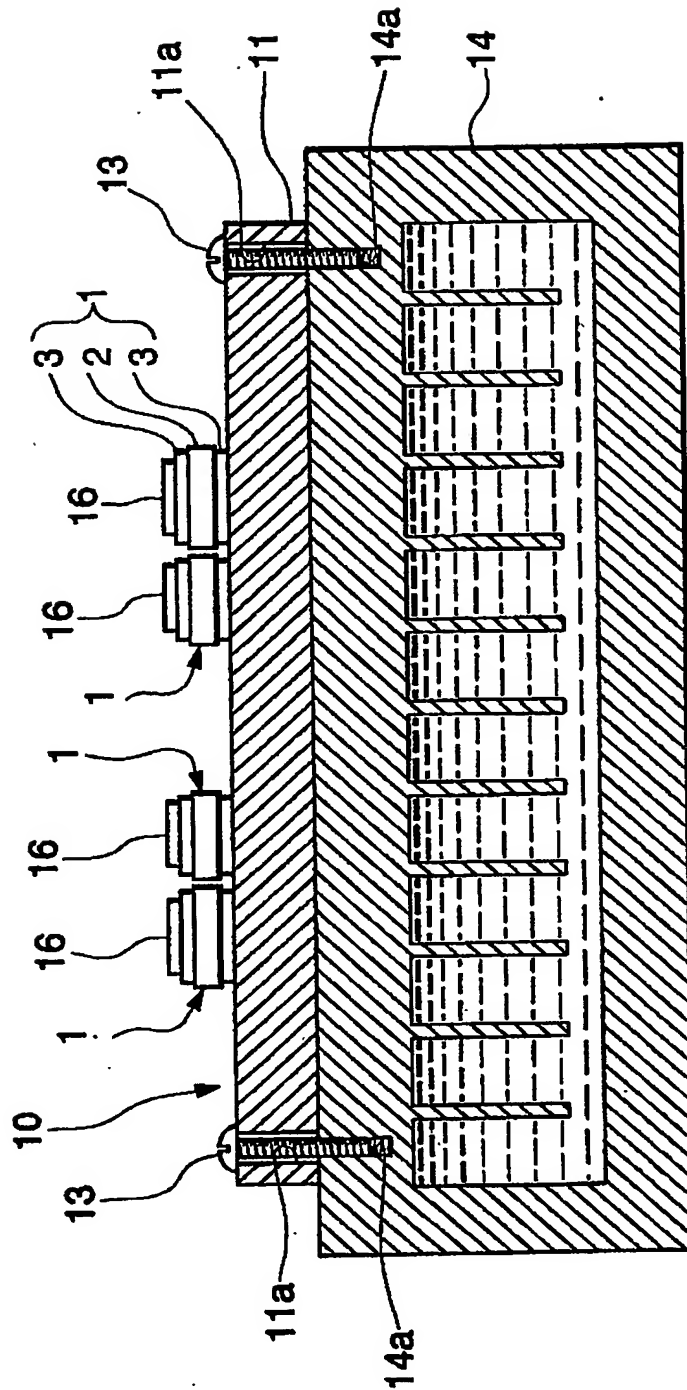
(a)



(b)



【図4】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 絶縁セラミックス基板に圧延材 A 1 を接合した回路基板において反り発生
の低減を図り、パワーモジュールにおける信頼性を向上する。

【解決手段】 圧延 A 1 材 3 が絶縁セラミックス基板 2 表面に接合された回路基
板 1 において、

前記 A 1 材 3 の平均結晶粒径が 0 . 5 m m ~ 5 m m の範囲とされ、かつ、粒径
の標準偏差 σ が 2 m m 以下に設定されてなる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-118359
受付番号	50200577787
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成14年 4月22日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000006264
【住所又は居所】	東京都千代田区大手町1丁目5番1号
【氏名又は名称】	三菱マテリアル株式会社

【代理人】

【識別番号】	100064908
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	志賀 正武

【選任した代理人】

【識別番号】	100108578
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	高橋 詔男

【選任した代理人】

【識別番号】	100089037
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	渡邊 隆

【選任した代理人】

【識別番号】	100101465
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	青山 正和

【選任した代理人】

【識別番号】	100094400
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所

次頁有

認定・付加情報（続き）

【氏名又は名称】	鈴木 三義
【選任した代理人】	
【識別番号】	100107836
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	西 和哉
【選任した代理人】	
【識別番号】	100108453
【住所又は居所】	東京都新宿区高田馬場3丁目23番3号 ORビ ル 志賀国際特許事務所
【氏名又は名称】	村山 靖彦

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000006264]

1. 変更年月日	1992年 4月10日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都千代田区大手町1丁目5番1号
氏 名	三菱マテリアル株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☒ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.